

INDICE

PREMESSA

METODI DI INDAGINE SUGLI ACQUIFERI

DATI UTILIZZATI

ORGANIZZAZIONE DEI DATI

INTERPRETAZIONE IDROGEOLOGICA – le unità idrogeologiche

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO IDRICO SOTTERRANEO IN TERMINI DI
DELIMITAZIONE 3D DELLE SUPERFICI DI TETTO E DI LETTO

CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE AL CONTORNO

I CORPI IDRICI SOTTERRANEI ALLUVIONALI SIGNIFICATIVI
DEL BACINO DEL BACINO DELL' ARNO

Allegato 1: Carta dei corpi idrici sotterranei significativi del bacino dell' Arno

Allegato 2 : Condizioni idrogeologiche al contorno: classi di permeabilità

SCHEDA MONOGRAFICHE RELATIVE AGLI ACQUIFERI E RELATIVA CARTOGRAFIA TEMATICA

- SCHEDA N. 1 - *Il Casentino*
- SCHEDA N. 2 – *La Valdichiana*
- SCHEDA N. 3 – *Acquifero della Pianura di Arezzo*
- SCHEDA N. 4 – *Acquifero del Valdarno Superiore*
- SCHEDA N. 5 – *Acquifero del Mugello*
- SCHEDA N. 6 – *Acquiferi del medio Valdarno – La pianura di Firenze, Prato, Pistoia*
- SCHEDA N. 7 – *Acquifero della Val di Pesa*
- SCHEDA N. 8 – *Acquifero della Pianura di Empoli*
- SCHEDA N. 9 – *Acquifero della Valdinievole*
- SCHEDA N. 10 – *Acquifero della Val d'Elsa*
- SCHEDA N. 11 – *Acquifero del Valdarno Inferiore – Pianura di Fucecchio - Santa Croce sull' Arno*
- SCHEDA N. 12 – *La Valdera*
- SCHEDA N. 13 - *La Pianura di Lucca*
- SCHEDA N. 14 – *La Pianura di Bientina*
- SCHEDA N. 15 – *Acquifero del Valdarno Inferiore e Piana costiera - La Piana di Pisa*

APPENDICE: Sintesi dello "Studio stratigrafico deposizionale dei depositi di sottosuolo del Valdarno inferiore finalizzato alla definizione geometrica degli acquiferi " eseguito nell' ambito del protocollo d'intesa tra Provincia Di Pisa, Autorità di Bacino Del Fiume Arno e Acque Ingegneria S.R.L., per l'acquisizione di dati geologici del sottosuolo della Piana d'Arno a Valle di Montelupo Fiorentino finalizzati ad una migliore conoscenza delle falde acquifere

Premessa

Il lavoro contenuto nel presente volume è uno studio relativo alla caratterizzazione degli acquiferi significativi delle pianure alluvionali del bacino dell'Arno, realizzato nel corso del 2005 dalla Segreteria dell'Autorità di bacino in collaborazione con Regione Toscana ed Arpat.

Lo studio ha una duplice valenza: costituisce infatti integrazione ed aggiornamento del quadro conoscitivo del Piano di Tutela delle Acque, approvato con delibera di GRT n. 6 del 25 gennaio 2005, nonché elemento essenziale per la redazione del bilancio idrogeologico degli acquiferi così come indicato, tra l'altro nelle *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all' art. 22, comma 4 del Dlgs 11 maggio 1999, n. 152"* emanate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con decreto del 28 luglio 2004.

Le elaborazioni e gli elementi conoscitivi inoltre sono stati prodotti in formati immediatamente utilizzabili come dati di input nella modellazione matematica degli acquiferi in corso d'opera presso questa Autorità.

La individuazione dei corpi idrici sotterranei prende avvio dalla perimetrazione già contenuta nel Piano di Tutela, nel quale vengono considerati significativi quei corpi idrici di interesse regionale e/o con caratteristiche ambientali di rilevante importanza contenuti nelle seguenti tre tipologie di formazioni geologiche:

- depositi alluvionali, lacustri e marini Quaternari (che formano le pianure intermontane e costiere);
- formazioni carbonatiche (Calcari Mesozoici ed Eocenici);
- Vulcaniti Quaternarie.

Il perimetro dei corpi idrici, marginalmente modificato rispetto a quello di cui sopra, è stato redatto sulla base della cartografia geologica in scala 1:100.000, integrata con materiale bibliografico raccolto.

L'indagine si è limitata ai corpi idrici significativi degli acquiferi alluvionali, che peraltro rappresentano la quasi totalità della risorsa idrica sotterranea del bacino.

Il volume è organizzato, oltre ad una breve introduzione sulla metodologia utilizzata, in 15 schede monografiche che riassumono, in maniera descrittiva e cartografica, le caratteristiche degli acquiferi studiati. La scheda riporta inoltre in maniera sintetica il bilancio idrogeologico di massima dell'acquifero e la normativa di riferimento vigente.

Metodi di indagine sugli acquiferi

L'analisi e la modellazione degli acquiferi è una tematica che ha avuto uno sviluppo notevole negli ultimi anni, anche sulla spinta della necessità da parte degli enti che si occupano della tutela e della gestione delle risorse idriche di avere una descrizione quanto più accurata possibile delle falde, della loro sfruttabilità, del loro "grado di salute" ed anche di uno strumento per la loro gestione.

Per tale analisi è basilare la conoscenza dettagliata della conformazione geologica e della disposizione spaziale degli acquiferi, sia in senso orizzontale che verticale, in modo da poter localizzare le zone di particolare vulnerabilità (ad esempio dove avviene la ricarica) e da poter quantificare la diffusione di un inquinante a partire da un focolaio di contaminazione tramite sondaggi mirati nelle zone a maggior rischio.

Nell'affrontare uno studio delle acque sotterranee occorre innanzitutto individuare le unità idrogeologiche presenti nella zona in esame per identificare e delimitare i singoli acquiferi in esse contenuti con il riconoscimento del tipo di falda (libera o confinata).

Una volta identificato l'acquifero, occorre individuare le formazioni del tetto e quelle del substrato della falda, in modo da poterne stimare l'estensione e lo spessore. Per la rappresentazione grafica si tracciano delle curve di uguale profondità dalla superficie topografica o da un altro piano di riferimento (carte delle isobate del tetto e del substrato), estrapolando con criteri geologici i dati puntuali forniti dalle litostratigrafie di pozzi e sondaggi e dalle indagini geofisiche. La ricostruzione della morfologia del substrato permette inoltre di individuare le aree più favorevoli alla perforazione di pozzi e di programmarne la profondità.

Successivamente, tramite le misure dei livelli piezometrici nei pozzi, è possibile ricostruire la superficie freatica o piezometrica e quindi determinare l'ubicazione delle zone di ricarica o di drenaggio. Ciò consente un'analisi del deflusso delle acque sotterranee e dell'interazione tra la falda e il reticolo fluviale. Infine le prove di portata in pozzo permettono una caratterizzazione idrodinamica dell'acquifero (trasmissività e permeabilità) e un'effettiva valutazione dell'entità delle risorse sfruttabili.

Ai fini della ricostruzione geometrica dei livelli acquiferi presenti nel sottosuolo, rivestono importanza principale le indagini del sottosuolo, atte a rilevare le litostratigrafie necessarie per affrontare uno studio sulle acque sotterranee. Le indagini si basano essenzialmente sulla geologia tradizionale, ma utilizzano anche i metodi e strumenti della tecnologia moderna, quali le diverse tecniche di prospezione geofisica, le perforazioni, la geochimica e la successiva analisi numerica per il trattamento dei dati e l'elaborazione di modelli matematici.

Le principali tipologie di indagine si dividono in *dirette* e *indirette*.

Le indagini *dirette* danno informazioni più affidabili sulle caratteristiche idrogeologiche delle rocce nel sottosuolo e sulla presenza e qualità dell'acqua contenuta. Si possono effettuare sondaggi meccanici che prelevano direttamente campioni di terreno alle diverse profondità, oppure sondaggi geofisici in cui si introduce nel pozzo una sonda che rileva la variazione di alcuni parametri misurabili (elettrici, magnetici) come per le indagini geofisiche indirette.

I campioni di terreno si prelevano di solito al momento della perforazione per un nuovo pozzo di sfruttamento; il tipo di campione e il tipo di indagine di laboratorio che si può eseguire dipendono dal metodo di scavo usato. Infatti dai campioni indisturbati si possono ottenere informazioni sulla

litologia, sulla permeabilità e sulla porosità, mentre, se si prelevano campioni disturbati si possono ottenere informazioni sulla litologia.

I campioni indisturbati di terreno sono delle carote di fondo pozzo che richiedono una cura particolare nell'estrazione, per cui si fanno solo per scopi di studio specifici e nel caso sia necessario misurare la permeabilità e la porosità.

Il tipo di indagine diretta più significativa, almeno per il numero e la disponibilità dei dati, per lo studio degli acquiferi deriva dalla perforazione di pozzi per acqua: i dati utilizzati per il presente lavoro sono relativi appunto alla perforazione di pozzi da cui si desume, oltre la stratigrafia del sottosuolo, i livelli acquiferi captati e le caratteristiche idrogeologiche del corpo idrico sotterraneo, attraverso l'esecuzione di prove di portata.

Altro tipo di indagine utilizzato per la ricostruzione del sottosuolo è il carotaggio geognostico, attraverso il quale si desume la stratigrafia: dall'esame in laboratorio di campioni indisturbati delle carote estratte si possono ottenere parametri idrogeologici quali la permeabilità, peraltro ottenibile anche con prove in situ.

In campo ambientale l'adozione di tecniche di indagine *indiretta*, quali le prospezioni geofisiche, si è fortemente diffusa nell'ambito degli studi di contaminazione del sottosuolo e delle acque sotterranee in quanto permette di ottimizzare i tempi e le risorse impiegate grazie a un'immediata caratterizzazione del sito inquinato. Con un'indagine di questo tipo si riesce spesso a individuare e localizzare eventuali focolai di contaminazione (reali o probabili), ad avere un quadro delle situazioni critiche e delle loro priorità di analisi, dove sarà poi decisiva un'indagine diretta.

Le esplorazioni geofisiche maggiormente applicate nel campo dell'idrogeologia sono i metodi elettrici e elettromagnetici che si basano sulla misura di differenti grandezze quali:

- la resistività o conducibilità elettrica;
- la permeabilità magnetica;
- la permeabilità elettrica o costante dielettrica;
- le cariche elettriche degli elementi e dei composti, il loro peso atomico e molecolare.

Tra questi i metodi più utilizzati sono quelli elettrici, sia perché richiedono un'attrezzatura relativamente poco costosa, sia perché sono di impiego abbastanza semplice. Sono metodi non invasivi finalizzati a fornire sezioni verticali del sottosuolo, dalle quali poter individuare la presenza di falde acquifere o di evidenti anomalie rispetto al contesto geolitologico circostante, spesso correlate ad eventuali aree inquinate, cavità o corpi anomali (fusti metallici, fusti plastici, scorie inquinanti, etc).

Il metodo consiste nella misura della resistività elettrica di spessori via via crescenti del sottosuolo. La resistività dei terreni, delle rocce e dell'acqua ha in natura una grandissima variabilità, di circa sei ordini di grandezza: questa caratteristica permette di discriminare terreni di diversa natura litologica e granulometrica, oltre che l'eventuale presenza di acqua nei pori del terreno e di ioni disciolti in essa dovuti alla presenza di contaminanti.

La resistività elettrica di una roccia è definita come la resistenza fra le facce opposte di un cubo unitario di materiale; l'unità di misura usata è l'ohm m.

Questa grandezza varia entro un ampio raggio di valori in relazione alla composizione mineralogica della roccia, alla sua porosità e al contenuto d'acqua.

In generale si può dire che le rocce compatte e prive di porosità hanno un alta resistività, essendo i minerali dei buoni isolanti, mentre la resistività dei mezzi porosi è molto variabile. Essa infatti dipende in modo sostanziale dalla quantità di acqua presente nei pori e dalla concentrazione dei solidi disciolti in essa, per cui risulta difficile attribuire un valore univoco di resistività a una litologia, senza avere indicazioni il più possibile specifiche su anche altri parametri.

Attraverso l'esecuzione di sondaggi elettrici verticali (SEV) si ottiene per ogni verticale di indagine una elettrostratigrafia che viene interpretata ottenendo la stratigrafia del sottosuolo: con questo metodo si riesce a distinguere abbastanza fedelmente i livelli più grossolani (ghiaie e sabbie) dai livelli argillosi o limosi e dal substrato roccioso.

Dati utilizzati

Ai fini della ricostruzione geometrica dei livelli acquiferi presenti nel sottosuolo risulta quindi indispensabile ottenere le litostratigrafie delle aree di studio rilevate con i metodi di cui al precedente paragrafo.

E' stata quindi condotta una consistente attività di ricerca, finalizzata alla raccolta delle stratigrafie disponibili nel bacino dell'Arno.

Sono stati raccolti studi e lavori redatti nel corso degli anni dai vari enti che si occupano di risorse idriche sotterranee. In particolare sono stati utilizzati gli archivi delle concessioni idriche dell'Autorità di Bacino, la banca dati stratigrafica dell'Arpat, gli archivi Visark delle Provincie, gli archivi e informazioni degli ATO nonché il materiale reso disponibile da Università e studi professionali.

Nella seguente tabella sono elencate le principali fonti delle stratigrafie utilizzate per aggiornare e completare il database:

- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO – *Archivio concessioni ex dlgs 152/99*
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO – QUADERNO N. 10 (2001) – *Bilancio idrogeologico nel Bacino dell'Arno*. Felici ed., Pisa.
- ARCHIVIO VISARK – *Archivio delle concessioni della Provincia di Firenze*
- ARCHIVIO VISARK – *Archivio delle concessioni della Provincia di Arezzo*
- BANCA DATI STRATIGRAFICA DELLA TOSCANA - ARPAT – *Agenzia Regionale Protezione Ambientale – Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana*
- BANCA DATI ATO 3 – *rapporto sui pozzi ad uso acquedottistico anno 2003 Rapporto interno*
- BALDACCI F., BELLINI L. & RAGGI G. (1994) – *Le risorse idriche sotterranee della Pianura Pisana. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., serie A, Vol. CI.*
- BANCHELLI A (2004) – *Studio degli acquiferi della Val di Chiana. Relazione per l'Autorità di Bacino del Fiume Arno.*
- COMUNE DI FIRENZE - *Comune di Firenze - Servizio Geologia - Banca Dati Geologico Tecnici e Stratigrafici*
- CAPECCHI F., GUAZZONE G. & PRANZINI G. (1976a) - *Ricerche geologiche e idrogeologiche nel sottosuolo della pianura di Firenze. Boll. Soc. Geol. Ital., XCVI (4), 1975, 661-692.*
- CAPECCHI F. & PRANZINI G. (1986) - *Studi geologici e idrogeologici nella pianura di Pistoia. Boll. Soc. Geol. Ital., CIV (4), 1985, 601-620*
- CONSORZIO MANUTENZIONE ACQUEDOTTO – COMUNI DI PECCIOLI, CAPANNONI E TERRICCIOLA – *Ricostruzione tramite prospezione geoelettrica dei depositi alluvionali del F. Era nel territorio circostante la centrale dell'acquedotto – Monzali S., Tarchi O.*
- REGIONE TOSCANA - CRISCUOLO (*in corso*) *Regione Toscana, Area Tutela delle Acque Interne e Costiere, Dipartimento*

delle Politiche Territoriali e Ambientali - Studio per la delimitazione dei corpi idrici significativi - Dr. Renato Criscuolo (in corso)

- GABBANI G., MONZALI S., PRANZINI G. & TARCHI O. (1989) - *I depositi alluvionali del Valdarno Superiore Fiorentino. Boll. Ingegneri Prov. di Firenze. n.3, 1989, 3-7*
- GETAS PETROGEO – *Ampliamento e ottimizzazione del campo pozzi di Montelupo – indagini idrogeologiche di dettaglio per l'ubicazione dei nuovi pozzi produttivi (rapporto eseguito per PUBLISER 1995)*
- GETAS PETROGEO – *Pianura d' Arno tra Montelupo e Sovigliana, Modello idrogeologico degli acquiferi (rapporto eseguito per PUBLISER 1998)*
- GETAS PETROGEO – *Campo pozzi Farfalla "Studio per l'ottimizzazione della produttività del campo pozzi" (rapporto eseguito per PUBLISER 1995)*
- GETAS PETROGEO – *Campo pozzi Prunecchio "Indagini geoelettriche per il reperimento di nuovi temi di ricerca idrica" (rapporto eseguito per PUBLISER 1998)*
- GETAS PETROGEO – *Centrale Sovigliana – indagine idrogeologica per l' accertamento delle caratteristiche quali – quantitative del campo pozzi e per l' ubicazione di un nuovo pozzo (rapporto eseguito per PUBLISER 1996)*
- GETAS PETROGEO – *Ampliamento e ottimizzazione del campo pozzi di Montelupo – indagini idrogeologiche di dettaglio per l' ubicazione dei nuovi pozzi produttivi (rapporto eseguito per PUBLISER 1995)*
- GETAS PETROGEO – *Campo pozzi di Arnovecchio (rapporto eseguito per PUBLISER 1998)*
- GETAS PETROGEO – *Studio idrogeologico per il potenziamento degli acquiferi della Valdinievole (1999)*
- GETAS PETROGEO – *Acquedotto di Castelfiorentino – campo pozzi Profeti e zona sportiva – Studio per l' ottimizzazione della produttività del campo (rapporto eseguito per PUBLISER 1995)*
- GETAS PETROGEO – *Centrale acquedotto di Molino di Roglio Comune di Palaia (PI) "Indagine di dettaglio per l'accertamento delle caratteristiche idrogeologiche all'esterno dell'area della centrale" (rapporto eseguito per PUBLISER 1996)*
- FRANCALANCI P., GABBANI G., MONZALI S., NERONI E., PRANZINI G. (1988) – *Ricostruzione dei depositi alluvionali del Valdarno Superiore Aretino. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. Seria A Vol XCV pagg. 1 –17*
- LANDINI F., PRANZINI G. & VENTURUCCI E. (1990) - *La falda idrica della conoide di Prato (Firenze). Acque Sotterranee, Giugno 1990, 48-70.*
- Protocollo d'intesa tra AdB e Provincia di Pistoia stipulato in data 8 gennaio 2003 finalizzato allo - *Studio sugli acquiferi della pianura dell'Ombrone Pistoiese (in corso)*
- PROTOCOLLO D' INTESA TRA AUTORITÀ DI BACINO DEL F. ARNO, PROVINCIA DI PISA E ACQUE INGEGNERIA S.R.L. – *Sudio stratigrafico deposizionale dei depositi di sottosuolo del Valdarno inferiore finalizzato alla definizione geometrica degli acquiferi a cura di G. SARTI (2006)*
- PROVINCIA DI LUCCA - BARSANTI SANI & NOLLEDI 1997 *Provincia di Lucca Settore Ecologia - Studio sulla vulnerabilità all'inquinamento della Piana di Lucca - Barsanti Sani & Nolledi, 1997*
- PROVINCIA DI PISA – SETTORE PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO – SERVIZIO DIFESA DEL TERRITORIO – *Studio della piana alluvionale del Fiume Era mediante prospezione geoelettrica: analisi dell' area compresa tra Capannoli e loc. I Cappuccini: Bracci G., Del Tredici F., Montagnani F.(1994)*
- SCIDÀ S. (2000) – *Studio idrogeologico e valutazione del rischio d'inquinamento nel Valdarno Inferiore. Tesi di laurea, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra. Relatore G. Gabbani.*
- TARCHI V. (1998) – *Studio idrogeologico dei depositi alluvionali del Casentino. Tesi di laurea, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra. Relatore G. Pranzini.*
- VIERI A. (1996) – *Studio idrogeologico della pianura di Pisa. Tesi di laurea, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra. Relatore F. Baldacci*

Organizzazione dei dati disponibili

L'inserimento, l'organizzazione e l'interpretazione dei dati raccolti è condotta utilizzando il progetto su piattaforma Esri ArcView 3.2 Sira_Dbgeo realizzato da ARPAT – Agenzia Regionale Protezione Ambientale – Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana.

La banca dati risulta costituita da:

- a) coordinate (Gauss-Boaga) e la quota sul livello del mare del punto che identifica la stratigrafia;
- b) profondità da piano campagna dei singoli strati;
- c) descrizione litologica dello strato non codificata, riportata in modo fedele a quella originale della perforazione o sondaggio che ha originato la stratigrafia;
- d) interpretazione del "tipo" idrogeologico dello strato, cioè se sia acquifero, acquitardo od acquicludo, in relazione alle sue caratteristiche intrinseche di permeabilità;
- e) eventuale interpretazione di formazioni geologiche del sottosuolo o, comunque, *in unità idrogeologiche di sintesi del sistema acquifero* (copertura, acquifero in s.l., substrato, eventuali interstrati di separazione in sistemi locali multifalda) per le stratigrafie che interessano i CISS (Corpi Idrici Sotterranei Significativi)

I dati sono stati organizzati sotto forma di shapefiles e tabelle e la loro visualizzazione può essere effettuata tramite un apposito progetto su piattaforma ESRI ArcView, che consente la visualizzazione dei dati sia in singole colonne che in sezioni schematiche di correlazione. Ogni strato di una colonna stratigrafica appare con una campitura differente, su sfondo bianco, a seconda della permeabilità che lo caratterizza; quando allo strato è stato associato il codice corrispondente a una certa unità idrogeologica e/o geologica, la campitura appare su sfondo colorato in dipendenza del tipo di formazione geologica o di unità idrogeologica individuata.

Interpretazione idrogeologica – le unità idrogeologiche

Una unità idrogeologica è un dominio dotato di un'unità stratigrafica, strutturale e morfologica, ai cui limiti si verificano delle condizioni idrodinamiche che annullano o comunque ostacolano le possibilità di travasi d'acqua e al cui interno i termini litologici sono complessivamente omogenei nel tipo e nel grado di permeabilità e con comportamento più o meno omogeneo nei riguardi dell'infiltrazione, dell'immagazzinamento e del movimento delle acque sotterranee. L'identificazione della suddetta unità si basa prevalentemente su tre criteri: geologici, idrodinamici e idrochimici.

Gli studi stratigrafici e strutturali a larga scala permettono di individuare le grandi idrostrutture, quali i bacini sedimentari di origine detritica che colmano fosse tettoniche o zone di subsidenza, le conche quaternarie, le pianure alluvionali. Per identificare gli acquiferi nelle pianure alluvionali e nei bacini intermontani si rende però necessaria la ricostruzione degli orizzonti di ghiaie e sabbie che di solito sono intercalati con limi e argille. Per questa ricostruzione non sono sufficienti i dati geologici di superficie, ma occorrono indagini geofisiche o perforazioni che permettano di ottenere stratigrafie di maggior dettaglio.

I limiti delle unità idrogeologiche sono rappresentati da elementi stratigrafici o tettonici che condizionano in modo sostanziale la circolazione idrica sotterranea, sbarrandola parzialmente o totalmente. Di solito si tratta di contatti fra complessi geologici a permeabilità relativa molto diversa.

Attraverso l'interpolazione dei dati disponibili è stato ricostruito l'andamento della base e del tetto del livello acquifero. La successione litostratigrafica dei sedimenti alluvionali è stata divisa in due unità principali: il terreno sovrastante l'acquifero e l'acquifero stesso. Pertanto la successione stratigrafica ricostruita per il corpo idrico in questione è stata schematicamente ripartita nelle seguenti unità idrogeologiche principali:

- COPERTURA
- ACQUIFERO
- SUBSTRATO

Caratterizzazione del Corpo Idrico Sotterraneo in termini di delimitazione 3D delle superfici di tetto e di letto

I dati idrogeologici raccolti, inseriti nel progetto GIS e interpretati sono sempre acquisiti sotto forma di osservazioni sparse di tipo puntuale, per cui, sia per un eventuale utilizzo in modelli matematici, sia per elaborare una rappresentazione grafica di sintesi che permetta di evidenziare l'andamento delle grandezze da stimare, devono necessariamente essere trasformati in campi continui.

Tale operazione viene svolta tramite le seguenti operazioni:

- ***Query della banca dati interpretata per le quote di tetto e letto del CIS.*** I dati così ottenuti sono stati organizzati sotto forma di shapefiles e tabelle, e la loro visualizzazione può essere effettuata tramite un apposito progetto su piattaforma Esri Arcgis – ArcMap 9.0, dove sono stati eseguiti i passi successivi.
- ***Interpolazione delle superfici.*** La fase di interpolazione è un'operazione fondamentale, che prevede in primo luogo la scelta dell'interpolatore più corretto da usare e la sua applicazione nella spazializzazione dei dati. Per la produzione delle superfici di tetto e di letto dell'acquifero sono stati quindi utilizzati due diversi interpolatori e cioè l'IDW (deterministico esatto), e il "KRIGING ordinario" (geostatistico inesatto)
- ***Produzione di tematismi in formato raster.*** attraverso l'uso dei suddetti interpolatori sono state prodotte carte di sintesi in formato raster delle superfici del tetto e del letto dell'acquifero (CARTE IDROSTRUTTURALI). Sono state inoltre prodotte le carte degli spessori totali dell'acquifero e/o dello spessore efficace dei livelli acquiferi
- ***Costruzione di sezioni idrostratigrafiche*** (attraverso il progetto su piattaforma Esri ArcView 3.2 Sira_Dbgeo realizzato da ARPAT – Agenzia Regionale Protezione Ambientale – Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana)
- ***Stima e interpolazione del parametro della permeabilità degli strati acquiferi,*** calcolo della trasmissività: laddove esistevano dati a disposizione circa i parametri idrogeologici, sono state prodotte anche carte della trasmissività dell'acquifero.

Caratterizzazione delle condizioni idrogeologiche al contorno

Questa operazione è stata eseguita impostando la legenda della carta geologica classificando le formazioni contigue al CIS secondo la classe di permeabilità

la caratterizzazione del tipo idrogeologico di ogni formazione è stata fatta partendo dallo strato informativo della permeabilità; questo è stato realizzato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, ricavandolo dallo strato informativo della geologia:

L'attribuzione delle classi di permeabilità è riportata nella tabella seguente:

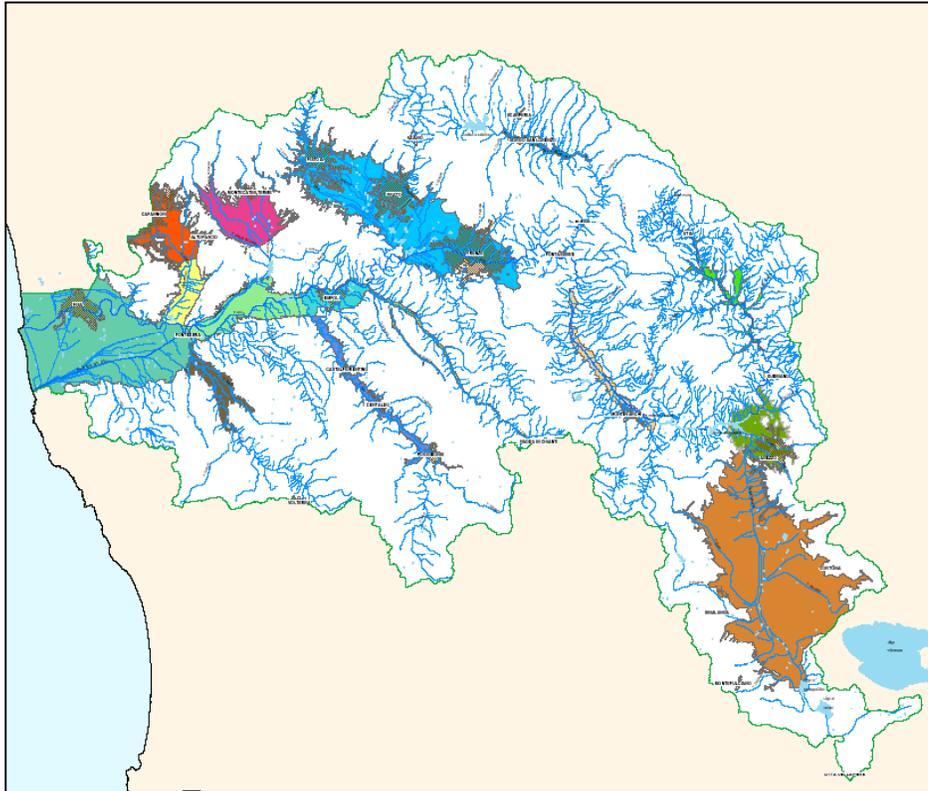
DESCRIZIONE (tipo idrogeologico)	CLASSE	TIPO DI PERMEABILITA'
Formazioni con permeabilità da praticamente nulla a bassissima	A	primaria
Formazioni con permeabilità medio-bassa	B	primaria
Formazioni con permeabilità medio	C	primaria
Formazioni con permeabilità medio-alta	D	primaria
Formazioni con permeabilità alta	E	primaria
Formazioni con permeabilità da praticamente nulla a bassissima	I	secondaria
Formazioni con permeabilità medio-bassa	II	secondaria
Formazioni con permeabilità medio	III	secondaria
Formazioni con permeabilità medio-alta	IV	secondaria
Formazioni con permeabilità alta	V	secondaria

Le condizioni idrogeologiche al contorno sono state classificate tramite procedura GIS secondo gli attributi delle formazioni confinanti, attraverso operazioni di delimitazione, controllo grafico e correzione. La classe di permeabilità attribuita alle formazioni contigue l'acquifero mostra quindi la capacità di scambio idrico delle suddette formazioni con il corpo idrico sotterraneo.

Nella tabella in allegato 1 vengono mostrate le classi di permeabilità attribuite alle formazioni geologiche utilizzate per la stesura delle carte delle condizioni idrogeologiche al contorno

Corpi idrici sotterranei alluvionali significativi del bacino dell'Arno

La metodologia sopra descritta è stata utilizzata per lo studio dei corpi idrici sotterranei alluvionali del Bacino dell' Arno, di seguito riportati.



1. Casentino
 2. Valdichiana
 3. Pianura di Arezzo
 4. Valdarno superiore
 5. Mugello
 6. Pianura di Firenze Prato Pistoia
 pianura di Firenze
 conoide di Prato
 pianura di Pistoia
 7. Val di Pesa
 8. Pianura di Empoli
 9. Val di Fievole
 10. Val d' Elsa
 11. Pianura di Fucecchio Santa Croce
 12. Val d' Era
 13. Pianura di Lucca
 14. Pianura di Bientina
 15. Pianura di Pisa
- Per ogni acquifero sono state prodotte:

Scheda monografica descrittiva del Corpo Idrico Sotterraneo, contenente il quadro geologico e geomorfologico dell'area. Sono descritte le unità stratigrafiche del sistema acquifero (copertura, acquifero, substrato) ed è sviluppata la parte idrogeologica di dettaglio. Si riporta inoltre il Bilancio idrogeologico e le norme specifiche vigenti di riferimento per l'acquifero oltre alla bibliografia. La scheda è corredata dalle seguenti cartografie:

- **Carta delle Isobate della copertura dell'acquifero** - Rappresenta la morfologia del tetto del corpo sedimentario più superficiale, ghiaioso o sabbioso, facente parte del corpo acquifero significativo.
- **Carta delle Isobate del letto dell'acquifero sfruttato e dello spessore efficace dei livelli acquiferi** - Riporta la morfologia del letto dell'acquifero sfruttato, intendendo con ciò l'acquifero nella sua interezza in senso verticale, o, alternativamente, la porzione di esso delimitata verso il basso dalla massima profondità raggiunta dai pozzi di emungimento; viene inoltre mostrato lo spessore efficace, inteso come sommatoria dei livelli permeabili presenti all'interno dello stesso acquifero sfruttato. Per gli acquiferi in cui il letto dell'acquifero sfruttato coincide con il substrato, viene prodotta la **Carta dello spessore dell'acquifero**
- **Carta della trasmissività dell'acquifero** - Prodotta dove esistono dati a disposizione circa i parametri idrogeologici.
- **Carta delle condizioni idrogeologiche al contorno** - La carta mostra il comportamento idrogeologico delle formazioni al contorno del corpo idrico sotterraneo, schematizzandole in base alla classe di permeabilità. La classe di permeabilità attribuita alle formazioni contigue l'acquifero mostra la capacità di scambio idrico delle stesse con il corpo idrico sotterraneo.
- **Sezioni idrostratigrafiche** - Sono state ricostruite una o più sezioni idrostratigrafiche significative del corpo idrico sotterraneo.
- **Carte piezometriche** - Redatte dove esistenti piezometrie recenti.